

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

ATION FÜR GEIST
Internationales Film

**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**



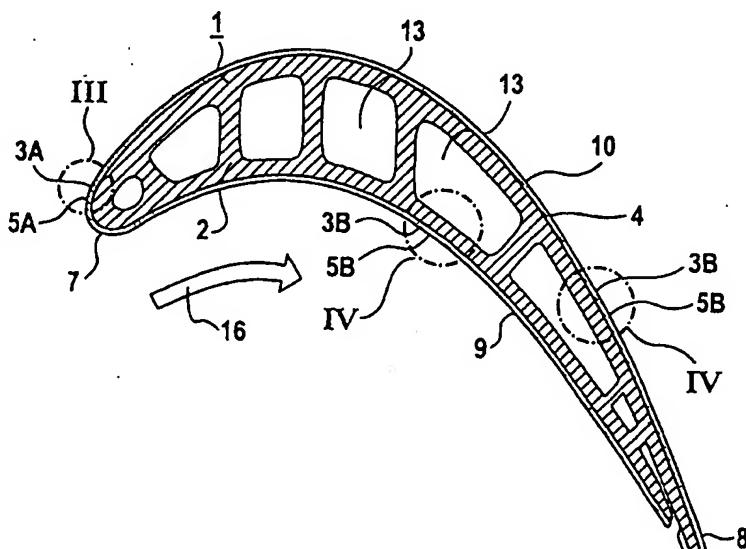
(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : F01D 5/28, C23C 4/00, 4/10, 14/00		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/25005 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. Mai 2000 (04.05.00)
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP99/07733		(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum:	13. Oktober 1999 (13.10.99)		
(30) Prioritätsdaten: 98119791.6	22. Oktober 1998 (22.10.98)	EP	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): DÖPPER, Gebhard [DE/DE]; Altdorfstrasse 35, D-52066 Aachen (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).			

(54) Title: PRODUCT WITH A HEAT INSULATING LAYER AND METHOD FOR THE PRODUCTION OF A HEAT INSULATING LAYER

(54) Bezeichnung: ERZEUGNIS MIT WÄRMEDÄMMSCHICHT SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER WÄRMEDÄMMSCHICHT

i (57) Abstract

The invention relates to a product (1), especially a gas turbine blade, which can be exposed to a hot aggressive gas (16). The product (1) has a basic body (2) on which a heat insulating layer (5A, 5B) has been applied in at least one first surface area (3A) and in a second surface area (3B), said layer having a fine structure in the first surface area (3A) differing from the one in the second surface area (3B). The invention also relates to a method for applying a heat insulating layer (5A, 5B) on a product (1).



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Erzeugnis (1), insbesondere eine Gasturbinenschaufel, welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar ist. Das Erzeugnis (1) weist einen Grundkörper (2) auf, auf den in zumindes t einem ersten Oberflächenbereich (3A) und in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) eine jeweilige Wärmedämmsschicht (5A, 5B) aufgebracht ist, die im ersten Oberflächenbereich (3A) eine andere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) besitzt. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmsschicht (5A, 5B) auf ein Erzeugnis (1).

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Erzeugnis mit Wärmedämmsschicht sowie Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmsschicht

5

Die Erfindung betrifft ein Erzeugnis, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine, mit einem Grundkörper und einer darauf angeordneten Wärmedämmsschicht. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmsschicht auf ein 10 Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper, insbesondere einen metallischen Grundkörper aufweist:

Aus der US-PS 5,238,752 ist ein Wärmedämmsschichtsystem mit 15 einem intermetallischen Haftvermittlungsüberzug bekannt. Das Wärmedämmsschichtsystem ist auf einem metallischen Grundkörper aufgebracht, insbesondere auf einem Cr-Co-Stahl für eine Flugtriebwerksschaufel. Unmittelbar auf diesem metallischen Grundkörper ist eine intermetallische Haftvermittlungsschicht, insbesondere aus einem Nickelaluminid oder einem 20 Platinaluminid aufgebracht. An diese Haftvermittlungsschicht schließt sich eine dünne keramische Schicht aus Aluminiumoxid an, auf die die eigentliche Wärmedämmsschicht, insbesondere aus mit Yttrium stabilisierten Zirkonoxid, aufgetragen ist. 25 Diese keramische Wärmedämmsschicht aus Zirkonoxid hat eine stabförmige Struktur, wobei die stabförmigen Stengel im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Hierdurch soll eine Verbesserung der zyklischen thermischen Belastungsfähigkeit gewährleistet sein. Die Wärmedämmsschicht wird mittels eines Elektronenstrahl-PVD (Physical Vapour Deposition)-Verfahrens auf den Grundkörper abgeschieden, wobei mit einer Elektronenstrahlkanone aus einem 30 metalloxidischen Körper Zirkonoxid verdampft wird. Das Verfahren wird in einer entsprechenden Vorrichtung durchgeführt, 35 in der der Grundkörper auf eine Temperatur von etwa 950° C bis 1000° C vorgeheizt wird. Der Grundkörper wird während des

Beschichtungsvorganges in dem Strahl aus Metalloxid mit einer konstanten Geschwindigkeit rotiert.

Ein Elektronenstrahl-PVD-Verfahren zur Herstellung eines keramischen Überzuges ist weiterhin in der US-PS 5,087,477 beschrieben, wobei hierin die keramische Schicht eine Schichtdicke zwischen 250 bis 375 µm aufweist.

In der US-PS 4,405,659 und der US-PS 5,514,482 sind jeweils Bauteile, insbesondere Gasturbinenschaufeln, aus einer Nickel- oder Kobaltbasislegierung beschrieben, auf denen jeweils eine keramische Wärmedämmsschicht mit stengelförmiger Struktur aufgebracht ist. Der mittlere Durchmesser der Stengel beträgt hierbei über 2,5 µm, wobei die Schichtdicke etwa 125 µm beträgt. Die keramische Wärmedämmsschicht wird mittels eines EB(Electron Beam)-PVD-Verfahrens aufgebracht.

In der WO 98/13531 A1 ist ein Bauteil, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, beschrieben welches auf einem metallischen Grundkörper eine keramische Wärmedämmsschicht mit einer stengelförmigen Feinstruktur aufweist, wobei der mittlere Stengeldurchmesser unter 2,5 µm aufweist. Dieser geringe mittlere Stengeldurchmesser bei im Gasturbinenbau verwendeten Schichtdicken von größtenteils über 100 µm wird durch ein reaktives Gasflußspatterverfahren erreicht. Hierbei wird ein ionisierbares Gas durch eine Hohlkathode geführt und aufgrund der in der Hohlkathode herrschenden Spannungen ionisiert, und somit zu der Innenwandung der Hohlkathode hin beschleunigt. Die Hohlkathode weist an ihrer Innenwandung das Beschichtungsmaterial, insbesondere metallisches Zirkon auf, welches durch die Ionen herausgeschlagen und in Richtung des zu beschichtenden Grundkörpers transportiert wird.

Aus der US 5,350,599 ist eine Wärmedämmsschicht für eine Turbinenschaufel bekannt, die mehrere übereinander liegende Schichten aufweist. Die äußere Oberflächenschicht ist dabei erosionsresistent ausgebildet, während die darunter liegende

Schicht porös ausgebildet ist. Beide Schichten sind aus keramischem Material und werden aufeinanderfolgend mittels des PVD-Verfahrens aufgebracht. Durch Variation der Prozessparameter beim Beschichten wird die poröse bzw. die dichte Struktur der erosionsresistenten äußeren Schicht erhalten. Durch das Aufbringen der äußeren erosionsresistenten Schicht soll die Turbinenschaufel vor Erosionsschäden geschützt werden.

Aus der EP 0 139 396 A1 ist ein Beschichtungssystem für eine Turbinenschaufel bekannt, bei der in unterschiedlichen Oberflächenbereichen verschiedene Beschichtungen aufgebracht sind, und zwar in Abhängigkeit der an der Turbinenschaufel auftretenden Temperatur. Hierbei wird zwischen einem heißen und einem kalten Ende der Turbinenschaufel unterschieden. Die verschiedenen Beschichtungen sind dabei auf die unterschiedlichen Temperaturanforderungen hinsichtlich ihrer Duktilität und ihres Kriechverhaltens besonders angepasst. Sie weisen hierzu unterschiedliche chemische Zusammensetzungen auf. Dies macht erforderlich, dass zwischen benachbarten Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung eine Übergangsschicht angeordnet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist, mit einer beanspruchungsgerechten Wärmedämmsschicht anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt darin ein Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer Wärmedämmsschicht anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die erstgenannte Aufgabe durch ein Erzeugnis, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper aufweist, gelöst, wobei auf dem Grundkörper eine Wärmedämmsschicht gleicher chemischer Zusammensetzung aufgebracht ist, die in einem ersten Oberflächenbereich und in einem zweiten Oberflächenbereich unterschiedliche Feinstrukturen aufweist, und somit entsprechend den jeweils beim bestimmungsgemäßen Einsatz lokal herrschenden oder zu erwartenden

thermomechanischen Beanspruchungen des Erzeugnisses beanspruchungsgerecht ausgebildet ist. Die beiden Oberflächenbereiche liegen in der gleichen Oberflächenebene oder Oberflächenschicht. Sie sind insbesondere nebeneinander angeordnet. Die Wärmedämmsschicht weist in den Oberflächenbereichen ein hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung gleiches Wärmedämmmaterial auf. Die Wärmedämmsschicht kann also als eine Ein-Material Dämmsschicht bezeichnet werden. Dies hat gegenüber Mehr-Material Dämmsschichten den entscheidenden Vorteil, dass die einem Materialübergang inhärenten Probleme vermieden sind. Zugleich sind durch die unterschiedlichen Feinstrukturen die jeweiligen Oberflächenbereiche für die zu erwartenden Belastungen ausgelegt.

Es ist hierbei ebenfalls zusätzlich oder alternativ möglich, daß in zwar geometrisch unterschiedlich ausgebildeten Bereichen, insbesondere hinsichtlich Oberflächenkrümmung, Konvexität oder Konkavität, bei einer zu erwartenden gleichen lokalen thermomechanischen Belastung die Feinstruktur in den geometrisch unterschiedlichen Oberflächenbereichen im wesentlichen gleich ausgeführt ist. Diese spezielle Ausbildung der Beschichtung ist von Vorteil, insbesondere bei gekrümmten Bauteilen, die einem heißen Gasstrom ausgesetzt sind, welcher zu lokal unterschiedlichen thermomechanischen Belastungen führt, da die Wärmedämmsschicht lokal an die auftretenden thermomechanischen Belastungen, wie Temperatur und Krafteinwirkungen durch auftreffende Partikel, angepasst ist. Hierdurch lässt sich gezielt die Lebensdauer der Wärmedämmsschicht lokal beeinflussen, insbesondere verlängern, so daß auch die Einsatzdauer und die Lebensdauer des Erzeugnisses verlängert wird.

Vorzugsweise weist die Wärmedämmsschicht eine Feinstruktur mit Keramikstengeln auf, welche im wesentlichen normal zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Die Keramikstengel können hierbei einen Durchmesser von einigen μm bei einer Schichtdicke von bis zu $100 \mu\text{m}$ oder mehr aufweisen. Eine

Feinstruktur mit Keramikstengeln ist insbesondere vorteilhaft, da diese Wärmedehnungen des Grundkörpers vor allem bei zyklischen Temperaturwechseln ohne Beschädigung folgen kann.

- 5 Die Keramikstengel im ersten Oberflächenbereich weisen vorzugsweise einen geringeren mittleren Durchmesser als im zweiten Oberflächenbereich auf. Die Wärmedämmsschicht im ersten Oberflächenbereich kann mithin allgemein eine feinere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich besitzen, wodurch
- 10 insbesondere dieser Bereich mit feinerer Feinstruktur erhöhten Temperaturen, insbesondere Temperaturwechselbeanspruchungen standhalten kann. Die Wärmedämmsschicht im ersten Oberflächenbereich, welcher einer höheren thermomechanischen Belastung als der zweite Oberflächenbereich ausgesetzt ist, weist
- 15 gegenüber der Wärmedämmsschicht im zweiten Oberflächenbereich vorzugsweise eine dichtere Feinstruktur auf.

Das Erzeugnis ist vorzugsweise ein Bauteil einer thermischen Maschine, insbesondere einer Gasturbine, wie einer stationären Gasturbine mit dem Einsatzgebiet in der Kraftwerkstechnik oder einer Flugtriebwerksturbine. Das Erzeugnis kann hierbei als ein Hitzeschild einer Brennkammer oder als eine Turbinenschaufel, eine Turbinenlaufschaufel oder Turbinenleitschaufel, ausgebildet sein. Eine Turbinenschaufel weist eine Anströmkante und eine Abströmkante auf, mit dazwischen sich gegenüberliegend angeordneter Druckseite und Saugseite. Die Anströmkante ist die thermisch höchstbelastete Stelle einer Turbinenschaufel und zudem aufgrund des dort auftreffenden Heißgases auch erhöhten Erosionsbedingungen ausgesetzt. An der Saugseite und der Druckseite herrschen lokal ähnliche thermomechanische Beanspruchungen. Vorzugsweise weist mithin eine Turbinenschaufel an der Saugseite und der Druckseite eine jeweilige Wärmedämmsschicht mit im wesentlichen gleicher Feinstruktur (zweiter Oberflächenbereich) auf. An der Anströmkante ist vorzugsweise eine feinere Feinstruktur der Wärmedämmsschicht (erster Oberflächenbereich) vorgesehen, so daß diese den dort herrschenden thermomechanischen Beanspru-

chungen gerecht wird. Ein solche Wärmedämmsschicht ist gegenüber den thermomechanischen Belastungen resistenter als die Wärmedämmsschicht an Saugseite und Druckseite.

- 5 Die Wärmedämmsschicht ist vorzugsweise keramisch. Sie kann Zirkonoxid (ZrO_2) oder ein anderes für den Einsatz bei hohen Temperaturen geeignetes keramisches Material, insbesondere ein Metalloxid, aufweisen. Ein Zirkonoxid ist vorzugsweise mit Yttriumoxid (Y_2O_3) oder mit einem anderen Oxid eines Elementes der Seltenen Erden teil- oder vollstabilisiert. Alternativ kann die Wärmedämmsschicht auch eine Verbindung aus der Gruppe der refraktären Perowskite, z.B. $LaAlO_3$, $CaZrO_3$, oder der Spinelle umfassen, z.B. $MgAl_2O_4$, $MgCr_2O_4$ oder AB_2O_4 , wobei A für ein Element der Gruppe Ni, Co, Ti; B für Al oder Cr und 10 O für Sauerstoff steht.
- 15

Der Grundkörper ist vorzugsweise metallisch ausgeführt. Für Anwendungen bei hohen Temperaturen mit entsprechenden Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit eignen sich besonders

- 20 Nickel- und/oder Kobaltbasislegierungen, wie sie beispielhaft unter anderem in der US-PS 4,405,659 angegeben sind.

Zwischen Grundkörper und Wärmedämmsschicht ist vorzugsweise eine Haftvermittlerschicht angeordnet. Diese kann aus einer Legierung umfassend Chrom, Aluminium, Yttrium und/oder eines der Elemente der Gruppe IIIb des Periodensystems einschließlich der Actiniden und der Lanthaniden sowie zusätzlich oder alternativ Rhenium enthalten, wobei der überwiegende Rest der Legierung aus Eisen, Kobalt und/oder Nickel bestehen kann.

- 25
- 30 Solche Yttrium aufweisenden Legierungen sind in der Literatur unter der Bezeichnung „ $MCrAlY$ “-Legierung zu finden. Legierungen die gegenüber dem Anteil an Yttrium deutlich mehr Rhenium enthalten können als „ $MCrAlRe$ “-Legierung bezeichnet werden. Zwischen der Haftvermittlerschicht und der Wärmedämmsschicht
- 35 kann eine Oxidschicht, insbesondere aus Aluminiumoxid, Chromoxid und/oder Galliumoxid vorgesehen sein. Eine solche Oxidschicht kann bereits als Oxid aufgebracht sein oder infolge

Oxidation (Thermaly Grown Oxid, TGO) thermisch bedingt entstehen.

Die auf ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmsschicht
5 auf ein Erzeugnis, welches einem heißen aggressiven Gas aussetzbar ist und einen Grundkörper aufweist, gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf den Grundkörper eine Wärmedämmsschicht einheitlicher chemischer Zusammensetzung derart aufgebracht wird, daß die Wärmedämmsschicht
10 sich in einem ersten Oberflächenbereich des Grundkörpers mit einer ersten Feinstruktur und in einem zweiten Oberflächenbereich mit einer zweiten Feinstruktur entsprechend der bei Einsatz des Erzeugnisses lokal zu erwartenden thermomechanischen Belastung ausbildet.

15 Mit dem Verfahren wird mithin ein Erzeugnis bereitgestellt, welches eine den lokalen an dem Erzeugnis auftretenden thermomechanischen Belastungen Rechnung trägt. Insbesondere kann dadurch die Wärmedämmsschicht an einem hochbelasteten Bereich
20 (ersten Oberflächenbereich) resistenter als in einem zweiten Oberflächenbereich, der geringer thermomechanisch belastet ist, ausgebildet sein. Es ist hierdurch ebenfalls möglich, gezielt in lokalen Oberflächenbereichen, welche im wesentlichen gleichen thermomechanischen Bedingungen ausgesetzt sind,
25 auch eine jeweilige Wärmedämmsschicht mit im wesentlichen gleicher Feinstruktur herzustellen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die geometrische Ausgestaltung solcher zweiten Oberflächenbereich unterschiedlich ist, insbesondere sich die Krümmungen in Größe und/oder Richtung (konkav, konkav) deutlich voneinander unterscheiden.

Vorzugsweise wird das Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmsschicht als Elektronenstrahl-Bedampfungsverfahren (Electron-Beam-Physical-Vapour Deposition; EB-PVD) oder als reaktives Gasfluß-Sputterverfahren, wie es beispielsweise in der
35 WO 98/13531 A1 beschrieben ist, durchgeführt. Bei den physikalischen Abscheidungsverfahren einer Wärmedämmsschicht aus

einer Dampfphase (Physical-Vapour Deposition) wird der Beschichtungsprozeß durch verschiedene Prozeßparameter, wie Temperatur des zu beschichtenden Erzeugnisses, Leistung einer Elektronenstrahlkanone, Beschleunigung der abzuscheidenden Teilchen in Richtung des Erzeugnisses, Gasfluß in einer Beschichtungskammer, Zufuhr von Sauerstoff, Partialdruck eines Reaktivgases, Gesamtdruck in der Beschichtungskammer, Heizleistung einer Beheizungsvorrichtung, Rotationsgeschwindigkeit des Erzeugnisses, Relativbewegung zwischen Erzeugnis und einem die Wärmedämmsschicht bildenden Teilstrahl, und anderen Prozeßparametern bestimmt. Bei dem Verfahren werden entsprechend der lokalen Anforderung der Wärmedämmsschichten einzelne oder mehrere Prozeßparameter so gesteuert oder geregelt, daß sich die Wärmedämmsschicht entsprechend der lokalen Anforderungen bildet.

Das Verfahren wird vorzugsweise auf eine Schaufel einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine angewandt, wobei die Wärmedämmsschicht auf der Saugseite im wesentlichen die gleiche Feinstruktur wie auf der Druckseite aufweisen kann. Bei einer Schaufel ist es zusätzlich oder alternativ auch möglich, an einer Anströmkante, welche einer erhöhten thermomechanischen Belastung, insbesondere einem Erosionsangriff, ausgesetzt ist, die Wärmedämmsschicht resistenter, insbesondere mit einer feineren Feinstruktur aufzubringen als an weniger stark belasteten Oberflächenbereichen. Weniger stark belastete Oberflächenbereiche können hierbei die Saugseite, die Druckseite oder die Abströmkante der Schaufel sein. Hierbei können die Prozeßparameter, wie beispielsweise die Bewegung des Erzeugnisses (der Turbinenschaufel), die als einfache Rotation des Erzeugnisses um eine Achse sowie als schwenkende und/oder neigungsverändernde Bewegung ausgestaltet sein kann, die lokale Schichtrate auf der einem Teilchenverdampfungstiegel zugewandten Oberfläche des Erzeugnisses sowie weitere Prozeßparameter so aufeinander abgestimmt werden, daß die lokal gewünschte, beanspruchungsgerechte Schichtstruktur erzeugt wird. Parameter die sich hierbei beeinflussen können,

sind unter anderem die Schichtrate, die Leistung einer Verdampferkanone bei EB-PVD-Verfahren, die Ablenkung der Verdampferkanonen-Elektronenstrahlen, der Gesamtdruck in der Beschichtungskammer, der Partialdruck eines Reaktivgases, die 5 Temperatur des Erzeugnisses, die Art der Bewegung, die Relativgeschwindigkeit des Erzeugnisses während der Bedampfung.

Bei einer Turbinenschaufel läßt sich beispielsweise eine be-
anspruchungsgerechte Wärmedämmsschicht durch eine Verknüpfung
10 der Verdampfungsleistung mit der Rotation der Turbinenschaufel herstellen. Hierbei kann zu dem Zeitpunkt, an dem die An-
strömkante der Schaufel dem Verdampfungstiegel zugewandt ist,
die Rotationsgeschwindigkeit bei gesenkter Verdampfungslei-
stung erhöht werden, so daß lokal die Schichtrate sinkt und
15 zugleich eine dichte Schichtstruktur realisiert wird. Weist
beispielsweise die Druckseite der Schaufel zum Verdampfungstiegel, so kann die Rotationsgeschwindigkeit reduziert und
die Verdampfungsleistung gesteigert werden, so daß die
Schichtstruktur der Wärmedämmsschicht weniger dicht ausfällt,
20 und daß durch gleichzeitig entsprechende Anpassung des Pro-
zesses für die Saugseite die Wärmedämmsschicht an der Saugsei-
te und an der Druckseite eine im wesentlichen gleichen Fein-
struktur aufweist.

25 Ein Erzeugnis mit Wärmedämmsschicht sowie ein Verfahren zur
Aufbringung einer Wärmedämmsschicht werden nachfolgend bei-
spielhaft anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es
zeigen teilweise schematisiert und nicht maßstabsgerecht

30 FIG 1 eine Turbinenlaufschaufel
FIG 2 einen Querschnitt durch eine Turbinenschaufel
FIG 3 u. FIG 4 einen Schnitt durch ein Wärmedämmsschichtsystem
 der Turbinenschaufel gemäß FIG 2 und
FIG 5 eine Beschichtungsanlage zur Beschichtung ei-
 ner Turbinenschaufel mit einer Wärmedämm-
 schicht.
35

In der FIG 1 ist in einer perspektivischen Ansicht als Erzeugnis eine Turbinenschaufel 1, insbesondere eine Laufschaufel einer Gasturbine, dargestellt, die einen Schaufelfuß 14 aufweist, mit dem die Turbinenschaufel 1 in eine nicht dargestellte drehbare Welle befestigt werden kann. An den Schaufelfuß 14 schließt sich der eigentliche Schaufelblattbereich an, welcher sich von einer Anströmkante 7 zu einer Abströmkante 8 über einerseits eine Druckseite 9 und andererseits eine Saugseite 10 erstreckt. In dem eigentlichen Schaufelblattbereich sind Kühlkanäle 13 zur Führung eines Kühlmediums, insbesondere Kühlluft, vorgesehen. Der Schaufelblattbereich bildet eine gesamte Oberfläche 4 mit unterschiedlich gekrümmten Oberflächenbereichen.

15 In FIG 2 ist in einem Querschnitt als Erzeugnis die Turbinenschaufel 1 einer Gasturbine dargestellt, die während eines Einsatzes in einer nicht gezeigten Gasturbine von einem Heißgas 16 umströmt wird. Im Querschnitt erstreckt sich die Turbinenschaufel 1 von der Anströmkante 7 über die Druckseite 9 und die Saugseite 10 zu einer Abströmkante 8. Die Turbinenschaufel 1 ist aus einem Grundkörper 2 gebildet, in dessen Inneren mehrere Kühlkanäle 13 zur Führung von Kühlluft vorgesehen sind. Die gesamte Oberfläche 4 der Turbinenschaufel 1 ist mit einer Wärmedämmsschicht 5A, 5B beschichtet. Im Bereich 20 der Anströmkante 7 (erster Oberflächenbereich 3A) ist einer ersten Wärmedämmsschicht 5A vorgesehen, die besonders resistent zum Schutze der Turbinenschaufel 1 gegen eine Anströmung mit dem Heißgas 16 ist, welches neben einer hohen thermischen Belastung der Anströmkante 7 auch zu einem Erosionsangriff führen kann. An der Druckseite 9, die eine andere Krümmung als die Anströmkante 7 aufweist und auch eine geringere thermomechanische Belastung erfährt, ist in einem zweiten Oberflächenbereich 3B, welcher sich im wesentlichen über die gesamte Oberfläche der Druckseite 9 erstrecken kann, eine zweite Wärmedämmsschicht 5B aufgebracht. Diese zweite Wärmedämmsschicht 5B ist vorzugsweise gegenüber der ersten Wärmedämmsschicht 5A aufgrund der dort herrschenden geringeren thermomechanischen 25 30 35

Belastung weniger dicht ausgeführt. Analog ist eine Wärmedämmsschicht 5B in einem zweiten Oberflächenbereich 3B an der Saugseite 10 vorgesehen, die mit ihrer Feinstruktur im wesentlichen der Wärmedämmsschicht 5B an der Druckseite 9 entspricht.

In den Figuren 3 und 4 ist schematisch der Aufbau eines Wärmedämmsschichtsystems 15 an der Anströmkante 7 (FIG 3) und der Saugseite 10 bzw. Druckseite 9 (FIG 4) dargestellt. Das Wärmedämmsschichtsystem 15 ist auf den Grundkörper 2 aufgebracht und weist unmittelbar an den Grundkörper 2 angrenzend eine Haftvermittlerschicht bzw. Oxidations- und Korrosionsschutzschicht 11, daran angrenzend eine Oxidschicht 12 und auf der Oxidschicht 12 die eigentliche Wärmedämmsschicht 5A, 5B auf.

Die Haftvermittlerschicht 11 kann eine Legierung der Art MCrAlY oder MCrAlRe sein. Die Oxidschicht 12 kann im wesentlichen aus einem Aluminiumoxid bestehen oder alternativ oder zusätzlich weitere Metalloxide wie Chromoxid oder Galliumoxid aufweisen. Die Wahl der Haftvermittlerschicht 11 sowie der Oxidschicht 12 richtet sich selbstverständlich nach dem Material des Grundkörpers 2 sowie der aufzubringenden Wärmedämmsschicht 5A, 5B, die beispielsweise aus teilstabilisiertem Zirkonoxid bestehen kann. Die Wärmedämmsschicht 5A, 5B weist eine Feinstruktur mit Keramikstengeln 6 auf, die im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche 4 des Grundkörpers 2 orientiert sind. Die Keramikstengel 6 weisen jeweils einen mittleren Stengeldurchmesser D1, D2 auf. Der Stengeldurchmesser D1 der Keramikstengel 6 im Bereich der Anströmkante 7 ist geringer als der Stengeldurchmesser D2 im Bereich der Saugseite 10 bzw. der Druckseite 9. Hierdurch ist die Wärmedämmsschicht 5A an der Anströmkante 7 nicht nur dichter sondern auch besser geeignet, thermomechanische Wechselbeanspruchungen ohne Beschädigung zu überstehen. Der Stengeldurchmesser D1 kann hier bei einer Schichtdicke der Wärmedämmsschicht 5A von etwa 100 µm bis 200 µm im Bereich zwischen 0,5 und 5 µm, vorzugsweise unterhalb 2,5 µm, liegen.

In FIG 5 ist in einem schematischen Längsschnitt eine Beschichtungsvorrichtung 20 zum Aufbringen einer Wärmedämm-
schicht 5A, 5B auf ein Erzeugnis 1, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, dargestellt. Die Beschichtungsvorrichtung 20
5 weist eine Beschichtungskammer 24 auf, in der ein geeigneter Unterdruck (Vakuum) einstellbar ist. Zur Erzeugung des Unter-
druckes sind beispielhaft zwei Pumpen, nämlich eine mechanische Pumpe 30 und eine Diffusionspumpe 31 angegeben. Jede
dieser Pumpen 30, 31 ist über eine Verbindungsleitung 33 mit
10 einer Steuereinrichtung 21 verbunden, durch die sich die Pumpleistung und damit der Vakuumdruck in der Beschichtungs-
kammer 24 einstellen lassen. In einem unteren Bereich weist die Beschichtungskammer 24 ein stabförmiges Beschichtungs-
Target 23 aus dem die Wärmedämmsschicht bildenden Material,
15 beispielsweise Zirkon, auf. Dieses Beschichtungs-Target 23 ist geerdet. Oberhalb des Beschichtungs-Targets 23 ist die zu beschichtende Turbinenschaufel 1 mit einem rotierbaren Bau-
teilhalter 22 gehalten, welcher außerhalb der Beschichtungs-
kammer 24 mit einem Antriebsmotor 32 verbunden ist. Dieser
20 Antriebsmotor 32 dient der Rotation der Turbinenschaufel 1 um die nicht dargestellte Längsachse der Turbinenschaufel 1, so daß die Turbinenschaufel 1 allseitig beschichtet wird. Der Antriebsmotor 32 ist ebenfalls über eine Verbindungsleitung 33 mit der Steuereinrichtung 21 verbunden. An der der Turbi-
nenschaufl 1 zugewandten Oberfläche 28 des Beschichtungs-
Targets 23 ist ein in Richtung der Turbinenschaufel 1 sich
öffnender Schmelztopf 27 (Verdampfungstiegel) angeordnet. In-
nerhalb der Beschichtungskammer 24 ist eine Elektronenstrahl-
kanone 25 angeordnet, welche so mit Umlenkplatten 26 versehen
25 ist, daß ein Elektronenstrahl 35 in den Verdampfungstiegel 27 trifft. Es versteht sich, daß die Elektronenstrahlkanone 25 auch an einer anderen Stelle - gegebenenfalls außerhalb der Beschichtungskammer 24 - angeordnet sein kann. Die Elektronenstrahlkanone 25 ist ebenfalls über eine Verbindungsleitung 33 mit der Steuereinrichtung 21 verbunden. Oberhalb der Turbinenschaufel 1 ist eine Schaufelheizung 29 angeordnet, die ebenfalls über eine Verbindungsleitung 33 mit der Steuerein-

richtung 21 verbunden ist. Weiterhin ist in der Beschichtungskammer 24 eine Vorheizung 34 vorgesehen, durch die vor Beginn der eigentlichen Beschichtung eine Aufheizung der Turbinenschaufel 1 auf eine vorgegebene Temperatur erreichbar
5 ist.

Während des Beschichtungsvorganges (EB-PVD-Verfahren) ist die Turbinenschaufel 1 zwischen der Schaufelheizung 29 und dem Verdampfungstiegel 27 angeordnet. Ein von der Elektronen-
10 strahlkanone 25 austretender Elektronenstrahl 35 bringt das Beschichtungsmaterial 23 in dem Verdampfungstiegel 27 zum Schmelzen (zum Verdampfen). Aus dem Verdampfungstiegel 27 tritt das Beschichtungsmaterial in Richtung der Turbinenschaufel 1 aus und scheidet sich auf dieser als Wärmedämm-
15 schicht 5A, 5B ab. Das Beschichtungsmaterial kann hierbei bereits in der chemischen Zusammensetzung vorliegen, wie es in der Wärmedämmsschicht 5A, 5B vorliegen soll, insbesondere bereits als Oxid, beispielsweise Zirkonoxid. Es ist ebenfalls möglich, im Rahmen eines reaktiven Gasfluß-Sputterverfahrens
20 ein metallisches Beschichtungsmaterial zu verdampfen, welches nach Abscheidung auf der Turbinenschaufel 1 durch Sauerstoff oxidiert wird oder auf dem Weg zur Turbinenschaufel 1 bereits zu dem gewünschten Metalloxid oxidiert wird.

25 Durch die Steuereinrichtung 21 werden die Prozeßparameter des Beschichtungsvorganges so gesteuert oder geregelt, daß entsprechend den lokalen Anforderungen an die Wärmedämmsschicht 5A, 5B eine entsprechende Abscheidung unter Bildung der Wärmedämmsschicht 5A, 5B in den unterschiedlichen Oberflächenbereichen 3A, 3B der Turbinenschaufel 1 entsteht. Beispielsweise kann die Verdampfungsleistung mit der Bauteilrotation so verknüpft sein, daß zum Zeitpunkt, an dem die Anströmkante 7 der Turbinenschaufel 1 zum Verdampfungstiegel 27 weist, die Rotationsgeschwindigkeit über den Antriebsmotor 32 bei ge-
30 senkter Verdampfungsleistung (Leistung der Elektronenstrahl-kanone 25) erhöht werden, so daß lokal die Schichtrate sinkt und zugleich eine dichte Schichtstruktur der Wärmedämmsschicht
35

14

5A realisiert wird. Liegen die Druckseite 10 der Turbinenschaufel 1 oder die Saugseite 9 der Turbinenschaufel 1 dem Verdampfungstiegel 27 gegenüber, so kann die Rotationsgeschwindigkeit reduziert und die Verdampfungsleistung gesteigert werden, wodurch eine weniger dichte Wärmedämmsschicht erreichbar ist.

Patentansprüche

1. Erzeugnis (1), welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar ist, mit einem Grundkörper (2), auf den eine Wärmedämmsschicht (5A, 5B) einheitlicher chemischer Zusammensetzung aufgebracht ist, die in einem ersten Oberflächenbereich (3A) eine andere Feinstruktur als in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
- 10 2. Erzeugnis (1) nach Anspruch 1; bei dem die Wärmedämmsschicht (5A, 5B) eine Feinstruktur mit Keramikstengeln (6) aufweist, welche im wesentlichen normal zur Oberfläche (4) des Grundkörpers (2) gerichtet sind.
- 15 3. Erzeugnis (1) nach Anspruch 2, bei dem die Keramikstengel (6) im ersten Oberflächenbereich (3A) einen geringeren mittleren Durchmesser (D1) als im einem zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweisen.
- 20 4. Erzeugnis (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Wärmedämmsschicht (5A) im ersten Oberflächenbereich (3A) eine feinere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
- 25 5. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wärmedämmsschicht (5A) im ersten Oberflächenbereich (3A) eine dichtere Feinstruktur als im zweiten Oberflächenbereich (3B) aufweist.
- 30 6. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches als Bauteil einer thermischen Maschine, insbesondere einer Gasturbine, ausgestaltet ist.
- 35 7. Erzeugnis (1) nach Anspruch 6, welches als Hitzeschild einer Brennkammer ausgestaltet ist.
8. Erzeugnis (1) nach Anspruch 6, welches als Turbinenschau-

fel ausgebildet ist.

9. Erzeugnis (1) nach Anspruch 8, welches sich im Querschnitt von einer Anströmkante (7) zu einer Abströmkante (8) erstreckt, und dazwischen sich gegenüberliegend eine Druckseite (9) und eine Saugseite (10) aufweist, wobei die Wärmedämm-
5 schicht (5B) an der Saugseite (10) und der Druckseite (9) im wesentlichen die gleiche Feinstruktur und an der Anströmkante (7) eine feinere Feinstruktur aufweist.
- 10 10. Erzeugnis (1), welches als Schaufel einer Strömungsma-
schine ausgebildet ist, sich im Querschnitt von einer An-
strömkante (7) zu einer Abströmkante (8) erstreckt, und da-
zwischen sich gegenüberliegend eine Druckseite (9) und eine
15 Saugseite (10) aufweist, wobei eine jeweilige Wärmedämm-
schicht (5B) an der Saugseite (10) und an der Druckseite (9)
aufgebracht ist, die im wesentlichen die gleiche Feinstruktur
aufweisen.
- 20 11. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Wärmedämmsschicht (5A,5B) Zirkonoxid (ZrO_2) oder
eine Verbindung aus der Gruppe der refraktären Perowskite
oder der Spinelle aufweist.
- 25 12. Erzeugnis (1) nach Anspruch 11, bei dem die Wärmedämm-
schicht (5A,5B) mit Yttriumoxid (Y_2O_3) oder einem anderen Oxid
der seltenen Erden teil- oder vollstabilisiert ist.
- 30 13. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
welches einen metallischen Grundkörper (2) aufweist, insbe-
sondere aus einer Nickel- und/oder Kobaltbasislegierung.
- 35 14. Erzeugnis (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei zwischen Grundkörper (2) und Wärmedämmsschicht (5A,5B)
eine Haftvermittlerschicht (11) angeordnet ist, insbesondere
aus einer Legierung der Art MCrAlY ist, wobei Cr für Chrom,
Al für Aluminium, M für ein Element oder mehrere Elemente aus

der Gruppe umfassend Eisen, Kobalt und Nickel, sowie Y für ein Element oder mehrere Elemente der Gruppe IIIb des Periodensystems einschließlich der Actiniden und der Lanthaniden sowie Rhenium steht.

5

15. Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmsschicht (5A, 5B) auf ein Erzeugnis (1), welches einem heißen aggressiven Gas (16) aussetzbar ist und einen Grundkörper (2) aufweist, auf den eine Wärmedämmsschicht (5A, 5B) einheitlicher chemischer Zusammensetzung derart aufgebracht wird, dass sich in einem ersten Oberflächenbereich (3A) die Wärmedämmsschicht (5A) mit einer ersten Feinstruktur und in einem zweiten Oberflächenbereich (3B) die Wärmedämmsschicht (5B) mit einer zweiten Feinstruktur entsprechend der bei Einsatz des Erzeugnisses (1) 10 lokal zu erwartenden thermomechanischen Belastung ausbildet.

16. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem als Erzeugnis (1) eine Schaufel einer Strömungsmaschine mit einer Saugseite (10) und einer Druckseite (9) verwendet wird, wobei die Wärmedämmsschicht (5B) auf der Saugseite (10) die gleiche Feinstruktur wie auf der Druckseite (9) aufweist.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem als Erzeugnis (1) eine Schaufel einer Strömungsmaschine mit einer Anström-25 kante (7) und sich daran anschließender Saugseite (10) und Druckseite (9) verwendet wird, wobei auf die Anströmkante (7) eine Wärmedämmsschicht (5A) mit einer feineren Feinstruktur als eine Wärmedämmsschicht (5B) auf der Saugseite (10) und/oder Druckseite (9) aufgebracht wird.

30

18. Verfahren nach Anspruch 15 bis 17, welches als Elektronenstrahl-Sputterverfahren (EB-PVD) oder reaktives Gasfluß-Sputterverfahren durchgeführt wird.

- 35 19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem Prozeßparameter, wie Relativbewegung zwischen Erzeugnis (1) und einem die Wärmedämmsschicht (5A, 5B) bildenden Teilchenstrahl (35), Schicht-..

18

rate, Gesamtdruck in einer Beschichtungskammer, Partialdruck eines Reaktivgases, Temperatur des Erzeugnisses (1), entsprechend der zu erzielenden Feinstruktur der Wärmedämmsschichten (5A, 5B) gesteuert werden.

5

1/3

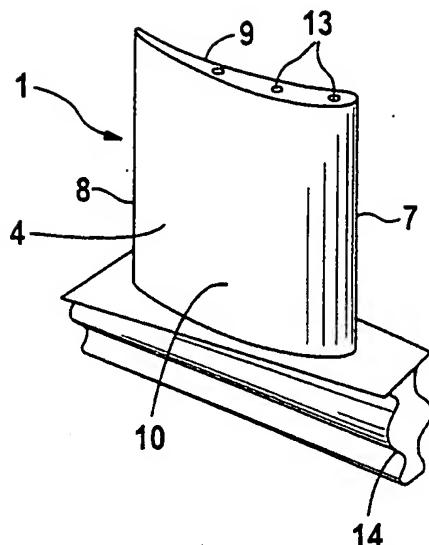


FIG 1

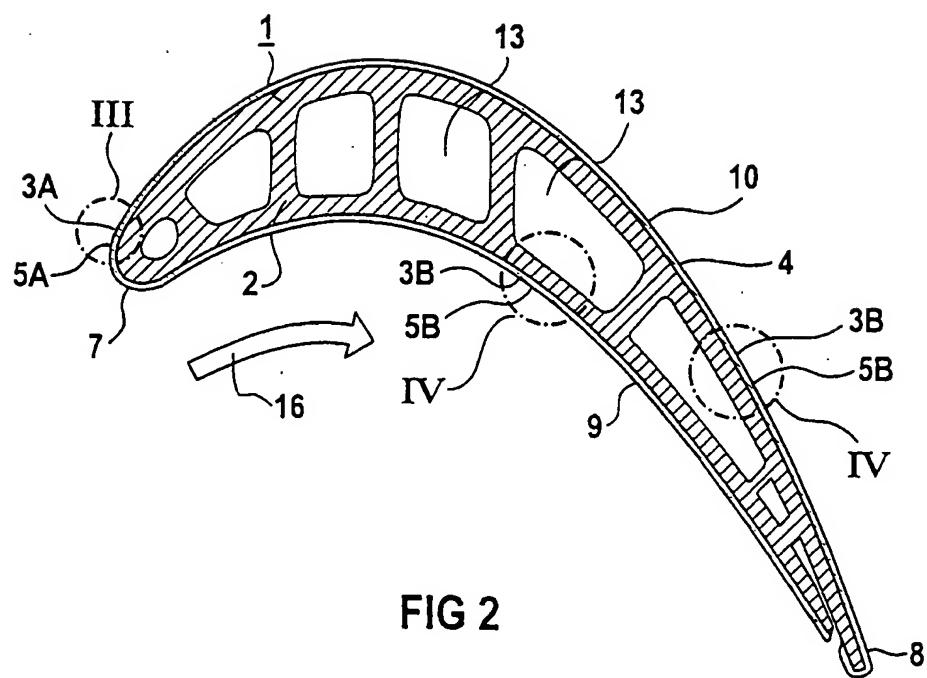


FIG 2

2/3

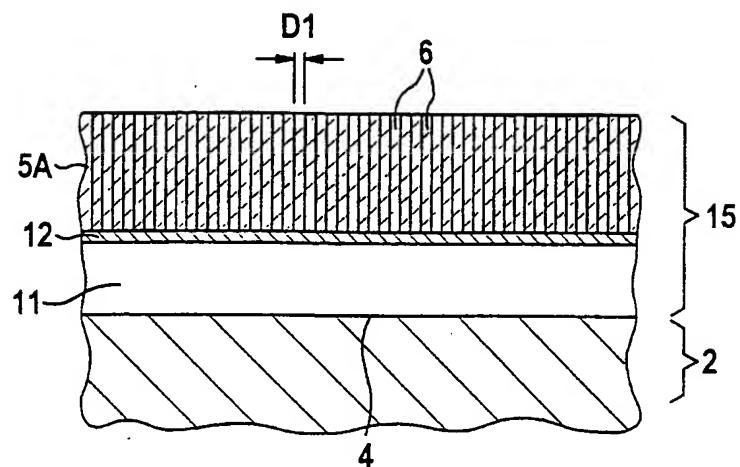


FIG 3

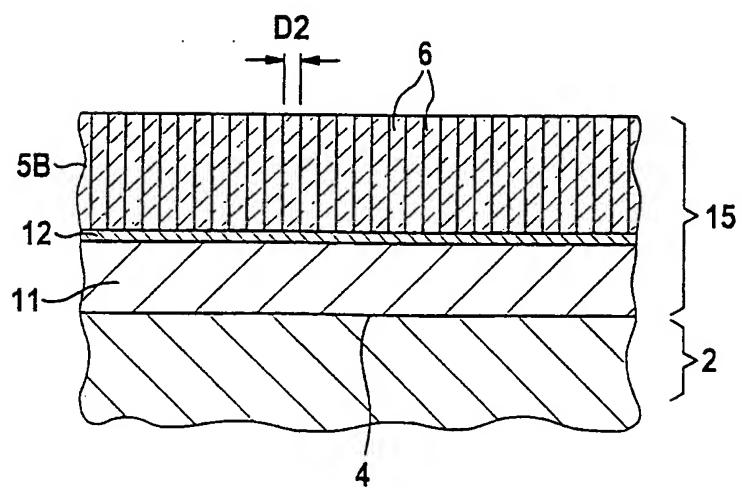
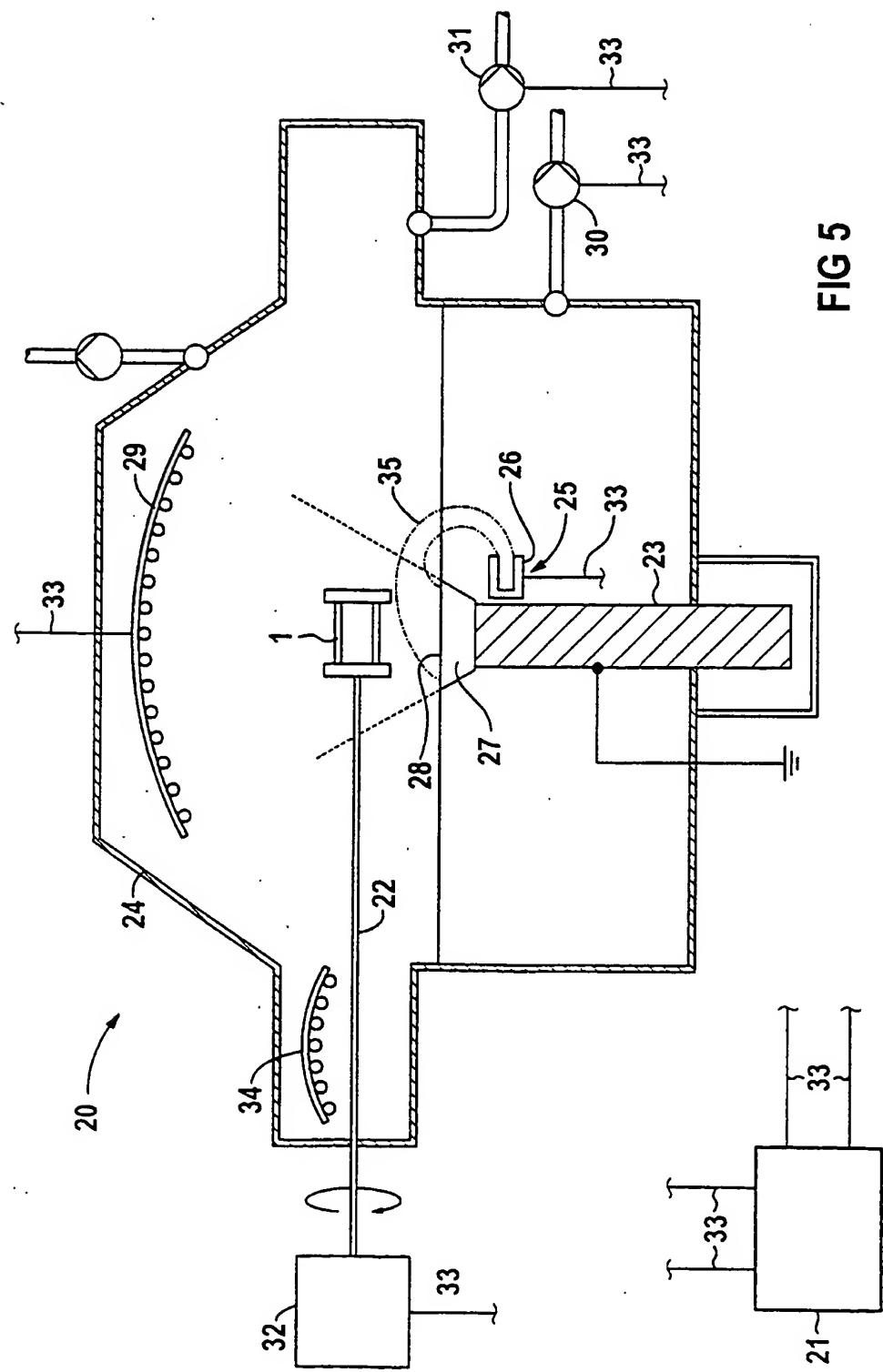


FIG 4

3/3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No
PCT/EP 99/07733

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7	F01D5/28	C23C4/00	C23C4/10	C23C14/00
-------	----------	----------	----------	-----------

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V ET AL) 27 September 1994 (1994-09-27) cited in the application abstract; claim 6 column 2, line 67 -column 3, line 34 ---	1-19
Y	EP 0 139 396 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 2 May 1985 (1985-05-02) cited in the application abstract; figures 1,2 ---	1-19
Y	EP 0 366 289 A (MIDWEST RESEARCH TECHNOLOGIES) 2 May 1990 (1990-05-02) column 4, line 17 - line 28; figure 1 ---	1-19
A	WO 93 18199 A (ROLLS ROYCE PLC) 16 September 1993 (1993-09-16) abstract ---	1,2,6-8, 10-16
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

21 February 2000

25/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I nternational Application No
PCT/EP 99/07733

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 676 994 A (DEMARAY RICHARD E) 30 June 1987 (1987-06-30) column 5, line 7 - line 16 -----	1-19
A	WO 96 31636 A (BEELE WOLFRAM ; SIEMENS AG (DE)) 10 October 1996 (1996-10-10) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/07733

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 5350599	A 27-09-1994	NONE			
EP 0139396	A 02-05-1985	CA IE JP JP JP MX	1217433 A 55513 B 1575153 C 2000521 B 60062603 A 159535 A		03-02-1987 10-10-1990 20-08-1990 08-01-1990 10-04-1985 28-06-1989
EP 0366289	A 02-05-1990	US JP US	4904542 A 2175859 A RE34173 E		27-02-1990 09-07-1990 02-02-1993
WO 9318199	A 16-09-1993	DE DE DE DE EP EP JP US US	69302678 D 69302678 T 69318856 D 69318856 T 0628090 A 0705912 A 7504232 T 5652044 A 5846605 A		20-06-1996 26-09-1996 02-07-1998 15-10-1998 14-12-1994 10-04-1996 11-05-1995 29-07-1997 08-12-1998
US 4676994	A 30-06-1987	NONE			
WO 9631636	A 10-10-1996	US CN CZ EP JP	5740515 A 1185183 A 9703157 A 0820535 A 11506500 T		14-04-1998 17-06-1998 18-03-1998 28-01-1998 08-06-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07733

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES			
IPK 7	F01D5/28	C23C4/00	C23C4/10 C23C14/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 350 599 A (RIGNEY DAVID V ET AL) 27. September 1994 (1994-09-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 6 Spalte 2, Zeile 67 - Spalte 3, Zeile 34 ---	1-19
Y	EP 0 139 396 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 2. Mai 1985 (1985-05-02) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ---	1-19
Y	EP 0 366 289 A (MIDWEST RESEARCH TECHNOLOGIES) 2. Mai 1990 (1990-05-02) Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 28; Abbildung 1 ---	1-19
A	WO 93 18199 A (ROLLS ROYCE PLC) 16. September 1993 (1993-09-16) Zusammenfassung ---	1,2,6-8, 10-16
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht konfliktiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
21. Februar 2000	25/02/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 MV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Iverus, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/07733

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 676 994 A (DEMARAY RICHARD E) 30. Juni 1987 (1987-06-30) Spalte 5, Zeile 7 - Zeile 16 ----	1-19
A	WO 96 31636 A (BEELE WOLFRAM ;SIEMENS AG (DE)) 10. Oktober 1996 (1996-10-10) ----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

I. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07733

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 5350599	A 27-09-1994	KEINE			
EP 0139396	A 02-05-1985	CA IE JP JP JP MX	1217433 A 55513 B 1575153 C 2000521 B 60062603 A 159535 A		03-02-1987 10-10-1990 20-08-1990 08-01-1990 10-04-1985 28-06-1989
EP 0366289	A 02-05-1990	US JP US	4904542 A 2175859 A RE34173 E		27-02-1990 09-07-1990 02-02-1993
WO 9318199	A 16-09-1993	DE DE DE DE EP EP JP US US	69302678 D 69302678 T 69318856 D 69318856 T 0628090 A 0705912 A 7504232 T 5652044 A 5846605 A		20-06-1996 26-09-1996 02-07-1998 15-10-1998 14-12-1994 10-04-1996 11-05-1995 29-07-1997 08-12-1998
US 4676994	A 30-06-1987	KEINE			
WO 9631636	A 10-10-1996	US CN CZ EP JP	5740515 A 1185183 A 9703157 A 0820535 A 11506500 T		14-04-1998 17-06-1998 18-03-1998 28-01-1998 08-06-1999

THIS PAGE BLANK (USPTO)